

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-333446

(43)Date of publication of application : 22.12.1995

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/293

G02F 1/01

(21)Application number : 06-124088

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

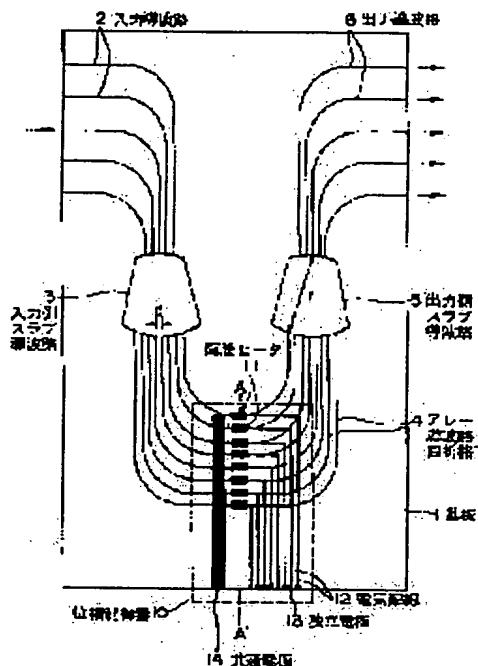
(22)Date of filing : 06.06.1994

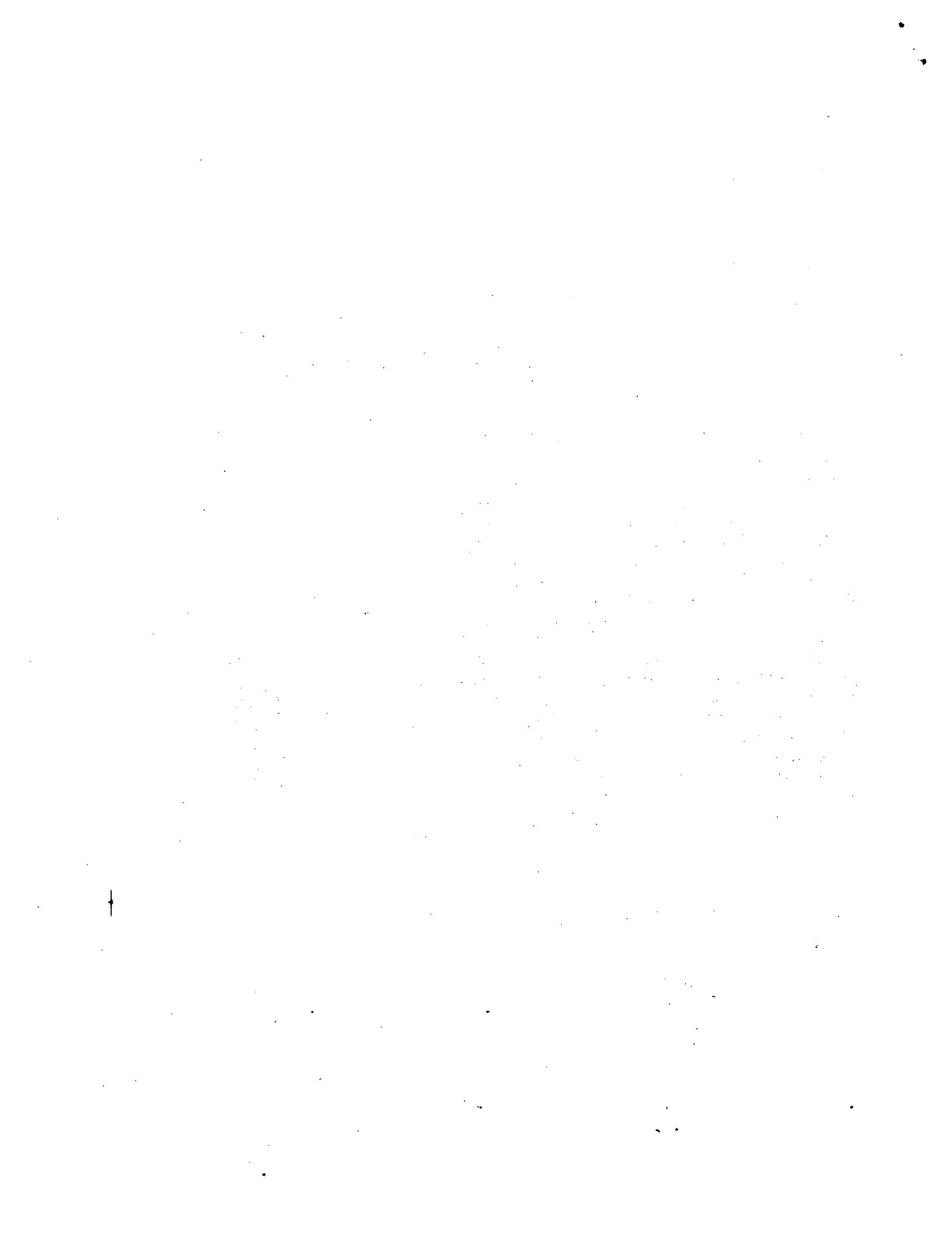
(72)Inventor : YAMADA HIROAKI
TAKADA KAZUMASA
INOUE YASUYUKI
OKUNO MASAYUKI

(54) OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an array waveguide diffraction type optical frequency multiplexer/demultiplexer which is improved in side lobe suppression ratio.
CONSTITUTION: This waveguide diffraction type optical frequency multiplexer/ demultiplexer is formed by successively connecting an input waveguide 2, a first slab waveguide 3, plural channel waveguides 4 varying in length, a second slab waveguide 5 and an output waveguide 6 on a substrate 1. The multiplexer/ demultiplexer described above has a thermooptical phase shifter 11 for discretely controlling the phases of the plural channel waveguides 4 to discretely control the phases in such a manner that the errors of the phase change rates in the respective channel waveguides are kept constant. As a result, the errors of the phase change rates in the channel waveguides induced by a fluctuation in refractive index at the time of forming the waveguides are decreased and the side lobe suppression ratio is improved.





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-333446

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 02 B 6/12

6/293

G 02 F 1/01

G 02 B 6/12

F

H

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平6-124088

(22)出願日

平成6年(1994)6月6日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 山田 裕朗

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 高田 和正

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 井上 靖之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

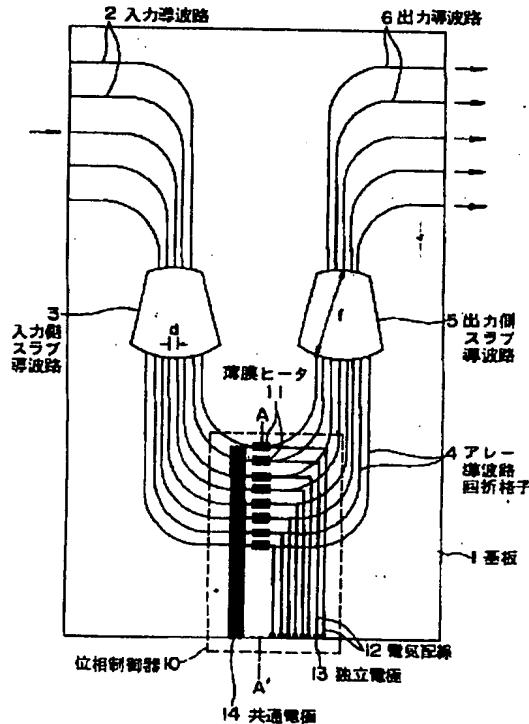
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光合分波器

(57)【要約】

【目的】サイドローブ抑圧比を改善し得るアレー導波路回折格子型光周波数合分波器を提供する。

【構成】入力導波路2、第1のスラブ導波路3、長さの異なる複数のチャネル導波路4、第2のスラブ導波路5、および出力導波路6が基板1上にて順に接続されたアレー導波路回折格子型光合分波器における、複数のチャネル導波路4を個別に位相制御する熱光学位相シフタ11を有し、各チャネル導波路での位相変化量の誤差が一定となるように、位相を個別に制御するようにした。これにより、導波路作成時の屈折率変動により誘起されるチャネル導波路での位相変化量の誤差を低減し、サイドローブ抑圧比を改善した。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力導波路、第1のスラブ導波路、長さの異なる複数のチャネル導波路、第2のスラブ導波路、および出力導波路が基板上にて順に接続され、上記複数のチャネル導波路に光位相制御器を設置したアレー導波路回折格子型光合分波器において、
上記光位相制御器は、各チャネル導波路を個別に位相制御できる手段を有することを特徴とする光合分波器。

【請求項 2】 導波路は石英系光導波路であり、位相制御手段は各導波路に個別に挿入された薄膜ヒータからなる熱光学位相シフタであることを特徴とする請求項1記載の光合分波器。

【請求項 3】 導波路は石英系光導波路であり、位相制御手段はトリミングにより前記チャネル導波路のコア部に作用する応力を非可逆的に変化させて、導波路の屈折率を調節し得る応力付与膜であることを特徴とする請求項1に記載の光合分波器。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、光多重通信に用いられるアレー導波路回折格子型光合分波器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光多重通信において、伝送容量を増加するためには、高い波長分解能を有する光回路が必要である。アレー導波路回折格子型光合分波器は、高い波長分解能を実現する光回路として最も有用であり、現在活発に研究開発が行われている。

【0003】 ここで、従来のアレー導波路回折格子型光合分波器を光周波数合分波器として用いた一例を説明する。図12はアレー導波路回折格子型光合分波器の構成を示す図である。基板1上にあって、入力導波路2には、送信側の光ファイバが接続され光周波数多重光が入射される。入力側スラブ導波路3において回折効果により広がった光は、アレー導波路回折格子4を構成する複数のチャネル導波路を伝搬し、出力側スラブ導波路5に達し、さらに出力導波路6に集光される。アレー導波路回折格子4はチャネル導波路の長さが異なるように設計されており、しかも出力導波路6から取り出される光は各チャネル導波路を伝搬した光のうち位相がそろうものだけであるので、本回路は分波特性を持つことになる。

【0004】 アレー導波路回折格子4の特徴は、その周波数分解能がアレー導波路回折格子4を構成するチャネル導波路の隣の導波路との光路長差 (ΔL) に比例することである。すなわち、 ΔL を大きく設計することによって、光周波数間隔の狭い多重光を合分波することができる。図13に示すグラフの実線は従来のアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の透過周波数特性を示したものである。本光合分波器を用いて多重数11本の光を光周波数間隔10GHzで分波することができる。

【0005】 一般に、光周波数合分波器を評価する際に最も重要な基準となるのは、最大透過率とサイドローブでの極大透過率との割合で定義されるサイドローブ抑圧比であり、このサイドローブ抑圧比が大きいほど特性の良い合分波器といえる。上述した従来のアレー導波路回折格子型光周波数合分波器のサイドローブ抑圧比は10dBであった。図13の破線は理論から予想される透過光周波数特性を示したものである。理論的に予想されるサイドローブ抑圧比は30dB以上であり、実際に作成した合分波器と比較するとかなりの差があった。この原因としては、光路長差 ΔL がmmオーダと大きくチャネル導波路内に位相変化量に誤差が生じたことが考えられる。実際、屈折率nが1.0~4程度変動するだけで、約40度の位相変化量の誤差が簡単に誘起される。したがって、アレー導波路回折格子型光周波数合分波器において、サイドローブ抑圧比を改善するためには、何らかの方法で各チャネル導波路での位相変化量の誤差を低減しなければならない。

【0006】 アレー導波路回折格子型光周波数合分波器の複数のチャネル導波路に光位相制御器を挿入した実施例が特開平5-323246号公報に開示されている。図14および図15は前記公報で開示されているアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の構成を示す図である。図12と同一符号は同一構成部である。図14の合分波器では、複数のチャネル導波路の長さに対応して長さを異ならしめた熱光学位相シフタ7を挿入することにより光周波数選択機能をもたせており、図15の合分波器では複数のチャネル導波路一本おきに熱光学位相シフタ8を挿入することにより透過波長幅可変機能をもたせている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図14および図15に示す合分波器のように熱光学位相シフタ7、8を縦列接続した構成では各チャネル導波路の位相を個別に制御することができないため、サイドローブ抑圧比を改善することはできない。

【0008】 本発明は上記課題に鑑み、サイドローブ抑圧比を改善し得るアレー導波路回折格子型光周波数合分波器を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決しようとするための手段】 上記課題を解決するために、本発明の請求項1では、入力導波路、第1のスラブ導波路、長さの異なる複数のチャネル導波路、第2のスラブ導波路、および出力導波路が基板上にて順に接続され、上記複数のチャネル導波路に光位相制御器を設置したアレー導波路回折格子型光合分波器において、上記光位相制御器は、各チャネル導波路を個別に位相制御できる手段を有する。また請求項2では、導波路は石英系光導波路であり、位相制御手段は薄膜ヒータからなる熱光学位相シフタとした。また請求項3では、導

波路は石英系光導波路であり、位相制御手段はトリミングにより前記チャネル導波路のコア部に作用する応力を非可逆的に変化させて、導波路の屈折率を調節し得る応力付与膜とした。

【0010】

【作用】本発明の光合分波器においては、複数のチャネル導波路を個別に位相制御できる手段を有することにより、各チャネル導波路での位相変化量の誤差が一定となるように、位相を個別に制御することが可能となる。したがって、導波路作成時の屈折率変動により誘起されるチャネル導波路での位相変化量の誤差を低減することができる、サイドローブ抑圧比を改善したアレー導波路回折格子型光周波数合分波器が実現できる。

【0011】

【実施例】以下に、図面を用いて本発明の実施例を説明する。

【0012】図1は、本発明の第1の実施例であるアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の平面図である。基板1上には入力導波路2（たとえば5本）、第1のスラブ導波路3、長さの異なる複数のチャネル導波路4（たとえば21本）、第2のスラブ導波路5、および出力導波路6（たとえば5本）が順に接続されて備えられている。さらにチャネル導波路4には、光位相制御器10が装荷されている。この光り位相制御器10は、熱光学位相シフタとしての薄膜ヒータ11と該薄膜ヒータ11に電流を供給する電気配線12と独立電極13および共通電極14により構成され、電極13、14に電力を供給し、薄膜ヒータ11の温度を変化させて、導波路の屈折率を変えるものである。薄膜ヒータ11からの電気配線12は、他の薄膜ヒータ11からの電気配線12と交わることなく、独立電極13と接続されており、チャネル導波路4の各導波路の位相を個別に制御できるようになっている。

【0013】本光合分波器の作成に当たっては、図2に示すようなシリコン基板1上に火炎堆積法を用いて、まず石英ガラスのアンダークラッド膜を30μm堆積し、次にGeを添加した石英ガラスをコア膜として7μm堆積した。コア膜の屈折率はアンダークラッドおよびオーバークラッドの石英ガラスより、0.75%だけ大きくなった。次にフォトリソグラフィーと反応性イオンエッティングによってコア膜の不要部分を削り、図1に示す導波路形状を作製した。さらに火炎堆積法によって石英ガラスのオーバークラッド膜を堆積することによって埋め込み型の3次元光導波路4を作製した。導波路コアサイズは7μm×7μmとした。最後にフォトリソグラフィーと金属蒸着法により光位相制御器10を製作した。

【0014】光導波路の設計に当たっては、アレー導波路回折格子のピッチ（アレー導波路を構成するチャネル導波路4のスラブ導波路3、5端における間隔）dを25μm、スラブ導波路の曲率半径fを、3.312m

m、アレー導波路を構成するチャネル導波路の隣の導波路との光路長差△Lを2881μmとした。このとき、出力導波路6のスラブ導波路5端における線分散が、波長1.55μm帯において10GHz当たり25μm間隔となり、よって波長多重間隔10GHzが得られるように出力導波路6の入力部の間隔は25μm間隔とした。また、入力導波路を5本、チャネル導波路を21本、出力導波路を5本とした。

【0015】図3は作製したアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の透過光周波数特性を示したもので、サイドローブ抑圧比は、理論的に予想される30dB以上という値と比較すると悪くなっている。

【0016】本実施例では、図4に示したような測定系を用いて、合分波器の各導波路での位相変化量を測定した。図4において、Aは光回路としてのアレー導波路回折格子型光合分波器であり、20は波長1.55μmの発光ダイオード、21は波長1.3μmの分布帰還型レーザ、22aと22bは光ファイバ3dBカプラー、23aと23bと23cは対物レンズ、24はプリズム、25はリフレクタ、26は移動可能なステージ、27はカプラー22bの一方のポート、28は波長1.3μmを反射し、波長1.55μmを透過するダイクロイックミラー、29aと29bは光検出器、30はプリンジカウンタ、31は波形レコーダ、32はコンピュータである。図4において、波長1.55μmの発光ダイオードと波長1.3μmの分布帰還型レーザからの出射光は、カプラー22aで2分される。2分された一方の光は光回路Aを経由してカプラー22bに入射する。2分された他方の光は、参照光となり、対物レンズ23bで平行ビームにコリメートされた後、プリズム24で反射され、リフレクタ25で平行に反射され、再びプリズム24を経由して、対物レンズ23bで集光されカプラー22bに入射する。光回路Aを経由した光と参照光はカプラーで合波され、カプラー22bのポート27から取り出される。カプラー22bのポート27を出射した光は対物レンズ23cで平行ビームにコリメートされ、波長1.55μmの光はダイクロイックミラー28を透過して光検出器29aに、波長1.3μmの光は反射して光検出器29bに導かれる。ここで、ステージ26を使用してリフレクタ25を入出射ビームに平行（矢印方向）に移動させて参照光路の光路長を変化させる。光検出器29bでは、参照光路の光路長が入/2だけ変化すると、半周期だけ変化するビート信号が検出される。プリンジカウンタ30はこのビート信号の変化を検出して、参照光路の光路長が入/2だけ変化することにクロックパルスを発生する。一方、光検出器29aでは光回路Aを伝搬した光波と参照光との干渉によって生じるインターフェログラムが検出される。外部クロックモードに設定された波形レコーダ31は、プリンジカウンタ30が生成したクロックで、光検出器29aの信号（光回

路を伝搬した光波と参照光との干渉によって生じるインターフェログラム) をサンプリングする。

【0017】光回路A内の各バスを伝搬した光波と参照光とが干渉するのは、それぞれの光が通った光路の光路長が光源のコヒーレンス長以内で一致するときのみである。光源のコヒーレンス長は隣合うチャネル導波路間の光路長差よりも十分短いので、各チャネル導波路を伝搬した光と参照光とのビート信号 $V_k(x)$ は、光回路内の他のチャネル導波路を伝搬した光波と参照光とのビート信号 $V_j(x)$ ($j \neq k$)とは重ならない。すなわち、参照光路の光路長を変化させて測定したインターフェログラムは、光回路内の各バスに対応する孤立した21個のビート信号

$$\begin{aligned} g(\sigma) a_k(\sigma) & \exp(-i\phi_k(\sigma)) \\ &= \exp(-2\pi i \sigma x_k) \cdot \int W_k(y_k) \\ &\quad \cdot \exp(-2\pi i \sigma y_k) dy_k \end{aligned} \tag{1}$$

$$= \exp(-2\pi i \sigma x_k) \cdot b_k(\sigma) \cdot \exp(-i\psi_k(\sigma)) \tag{2}$$

ここで、 $W_k(y_k) = V_k(y_k + x_k)$ とした。したがって、各バスを伝搬する光の振幅 $a_k(\sigma)$ は(3)式より、また各バスを伝搬した光がうける位相変化量 ϕ

$$\begin{aligned} a_k(\sigma) &= b_k(\sigma) / g(\sigma) \tag{3} \\ \phi_k(\sigma) &= 2\pi\sigma x_k + \psi_k(\sigma) + 2\pi m_k \tag{4} \\ &= \Phi_k(\sigma) + 2\pi m_k \tag{5} \\ \Phi_k(\sigma) &= 2\pi\sigma x_k + \psi_k(\sigma) \tag{6} \end{aligned}$$

このようにビート信号のフーリエ変換を計算して得られる位相変化量は、(6)式の $\Phi_k(\sigma)$ であって、(5)式の $\phi_k(\sigma)$ で露される実際の値とは $2\pi m_k$ の差がある

$$\Phi_k(\sigma) - \phi_j(\sigma) = (\Phi_k(\sigma) - \Phi_j(\sigma)) + 2\pi(m_k - m_j) \tag{7}$$

が設計値からどれだけずれているかで決定されるので、(7)式の第2項が第1項に比べて十分小さいとき、すなわち各バス間の光路長差が光源の波長に比べて十分長いときは、第2項を無視して、第1項を任意のバス間の位相差とすることができる。本実施例はこの条件を満たすので、(6)式より、各バスを伝搬した光がうける位相変化量を導出した。

【0021】図5は上記工程によって測定した、チャネル導波路内の位相変化量の誤差分布を示したものである。この図から、作製した光合分波器では、位相誤差が±180度という広範囲で分布しており、サイドロープ抑圧比の劣化の原因となっていることがわかる。

【0022】図6は、21本のチャネル導波路のうち中央(11番目)の導波路上に装荷した熱光学位相シフタのみの電力を変化させたときの位相誤差分布の変化を示したものである。この図から、熱光学位相シフタに電力を供給した11番目の導波路の位相だけが変化し、隣接する導波路への影響がほとんど無いことがわかる。これは、隣接するチャネル導波路の間隔を1.5mmと十分大きく取ったためである。また、導波路の位相は熱光学

$V_k(x)$ ($k=1, 2, \dots, 21$)から形成される。

【0018】そこで、波形レコーダ31からインターフェログラムをコンピュータ32に取り込み、各バスの情報を含むビート信号 $V_k(x)$ を分離し、分離したビート信号 $V_k(x)$ のピーク値近傍の座標 x_k を選び、 x_k を原点とする座標 y_k を導入し、ビート信号 $W_k(y_k)$ (= $V_k(x)$)の y_k に関する高速フーリエ変換を計算した。フーリエ変換して得られた振幅 $b_k(\sigma)$ と各チャネル導波路を伝搬した光がうける位相変化量 $\phi_k(\sigma)$ との関係式で結ばれる。

【0019】

$k(\sigma)$ は $2\pi m$ ($m=1, 2, 3, \dots$)の不定項を含めて(4)式より決定できる。

【0020】

る。しかしながら、光回路の特性は任意のバス間の位相差

位相シフタに供給する電力に比例して0.48(度/mw)の割合で変化させることができることがわかる。

【0023】上記データをもとに、21本のチャネル導波路の位相誤差が一定となるように、それぞれの導波路に装荷した熱光学位相シフタを駆動させた。図7は、その結果得られた光周波数合分波器の位相誤差分布、図8は透過光周波数特性を示したものである。図8の波線は、図3に示した位相シフタを駆動させる前の透過光周波数特性を重ねて表示したものである。チャネル導波路に装荷した熱光学位相シフタを独立に駆動させ、図7に示したように位相誤差の分布を±5度以内に抑えることにより、サイドロープ抑圧比の改善および透過帯域内の透過損失の低減を実現することができた。

【0024】図9は本発明の第2の実施例であるアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の平面図を示した図である。その構成はほとんど実施例1と同様であるが、熱光学位相シフタの代わりにチャネル導波路部に及ぼす応力を変化させる応力付与膜15が装荷されている点が異なる。

【0025】図10の波線は作製したアレー導波路回折

格子型光周波数合分波器の透過光周波数特性を、また図11の波線はチャネル導波路内の位相変化領域の誤差分布を示したものである。作製した光合分波器では、位相誤差が±180度という広範囲で分布しており、サイドロープ抑圧比の劣化の原因となっている。

【0026】本実施例では、非晶質シリコンからなる応力付与膜15を形成し、前記応力付与膜15の一部分をArイオンレーザビームにより加熱して多結晶化することにより、応力付与膜15による応力を部分的に緩和し、各導波路での位相変化量を制御した。一般に応力付与膜は、基板面に対して水平方向および垂直方向の両方向の応力を変化させ、各方向の応力変化量は装荷する応力付与膜の幅を変化させると変化する。そこで、本実施例では、チャネル導波路に与える応力が両方向で同じとなるように、応力付与膜の幅を95μmとした。こうすることで応力緩和による両方向の屈折率変化量が同一となるようにした。

【0027】本実施例では、非晶質シリコン膜を多結晶化するためにArイオンレーザを使用したが、He-CdレーザやXeCl, KrFレーザ等のエキシマーレーザ、Tiサファイヤレーザ、YAGレーザ、アレキサンライトレーザ等の固体パルスレーザ、CO₂レーザ等も使用することができる。それぞれのチャネル導波路上に装荷した応力付与膜を非晶質化する量は、図10のデータをもとにして、その位相誤差が一定となるように各導波路ごとに決定した。

【0028】図10および図11の実線は、上記工程に従って応力付与膜を部分的に多結晶化した結果得られた透過光周波数特性および位相変化量の誤差分布特性を示す図である。位相誤差の分布を±5度以内に抑えることにより、サイドロープ抑圧比の改善および透過帯域内の透過損失の低減を実現することができた。

【0029】実施例1においては、常時薄膜ヒータに電力を供給しているので、基板の温度を制御する必要があったが、本実施例では、各チャネルに導波路での位相変化量を非可逆に変化させているので、その必要がなくより簡便に光合分波器に適用することができるという点で非常に有効である。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項1、2によれば、サイドロープ抑圧比を従来のものより大幅に改善することができた。これによりアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の光通信における適用範囲を広げることができる。また請求項3によれば、上記効果に加えより簡便に適用できる利点がある。

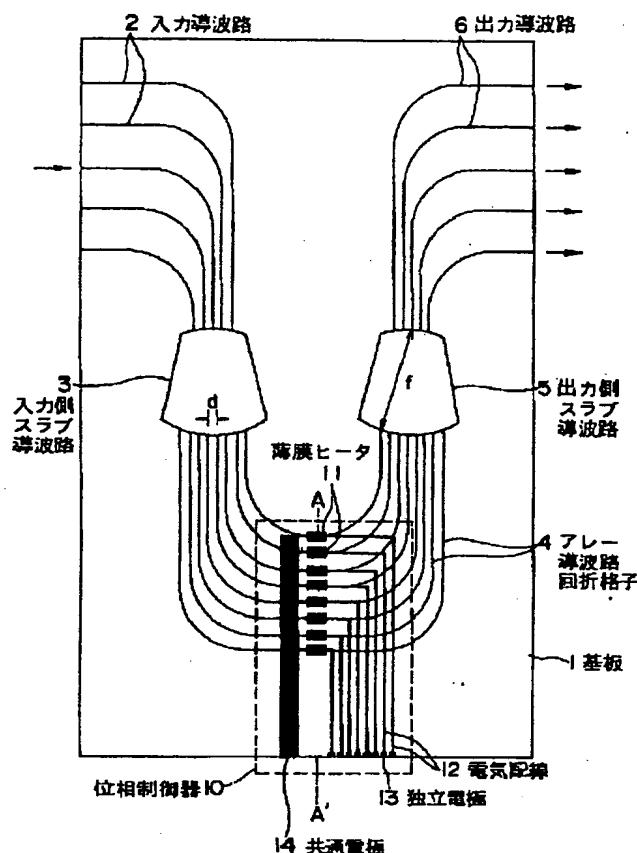
【図面の簡単な説明】

- 【図1】第1の実施例の構成を示す平面図
- 【図2】図1におけるA-A'線の拡大断面図
- 【図3】熱光学位相シフタ駆動前の光周波数合分波器の透過光周波数特性を示す図
- 【図4】位相変化量を導出する測定系の例を示す図
- 【図5】熱光学位相シフタ駆動前のチャネル導波路内での位相変化量の誤差分布を示す図
- 【図6】中央の導波路の熱光学位相シフタのみの電力を変化させたときの位相誤差分布を示す図
- 【図7】熱光学位相シフタ駆動後のチャネル導波路内での位相変化量の誤差分布を示す図
- 【図8】熱光学位相シフタ駆動後の光周波数合分波器の透過光周波数特性を示す図
- 【図9】第2の実施例の構成を示す図
- 【図10】位相変化量を制御する前後の光周波数合分波器の透過光周波数特性を示す図
- 【図11】位相変化量を制御する前後のチャネル導波路内での位相変化量の誤差分布を示す図
- 【図12】従来のアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の構成を示す図
- 【図13】従来のアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の透過光周波数特性を示す図
- 【図14】複数のチャネル導波路に光位相制御器を挿入した従来のアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の構成を示す図
- 【図15】複数のチャネル導波路に光位相制御器を挿入した従来のアレー導波路回折格子型光周波数合分波器の構成を示す図

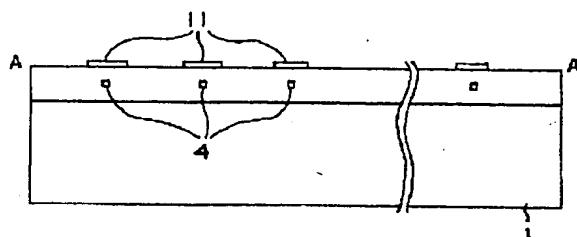
【符号の説明】

- 1…基板、2…入力導波路、3…入力側スラブ導波路、4…アレー導波路回折格子、5…出力側スラブ導波路、6…出力導波路、10…光位相制御器、11…熱光学位相シフタ（薄膜ヒータ）、12…電気配線、13、14…電極、15…応力付与膜、A…光回路（アレー導波路回折格子型光合分波器）、20…波長1.55μmの発光ダイオード、21…波長1.3μmの分布帰還型レーザ、22a, 22b…光ファイバ3dBカプラー、23a, 23b, 23c…対物レンズ、24…プリズム、25…リフレクタ、26…ステージ、27…カプラーの一方のポート、28…1.3μm反射1.55μm透過のダイクロイックミラー、29a, 29b…光検出器、30…フリンジカウンタ、31…波形レコーダ、32…コンピュータ。

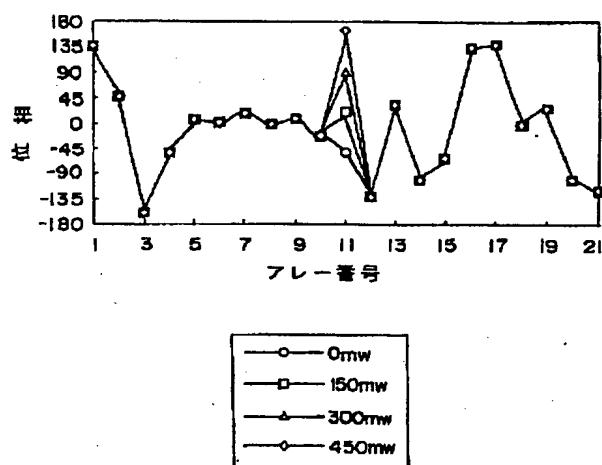
【図1】



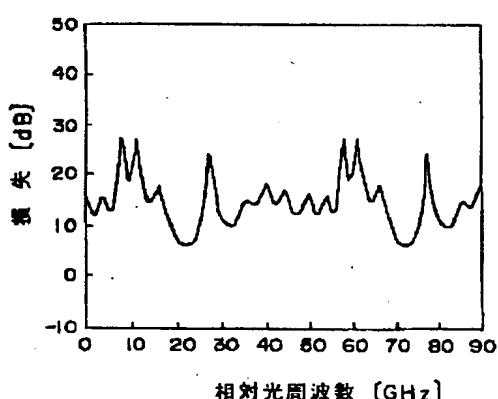
【図2】



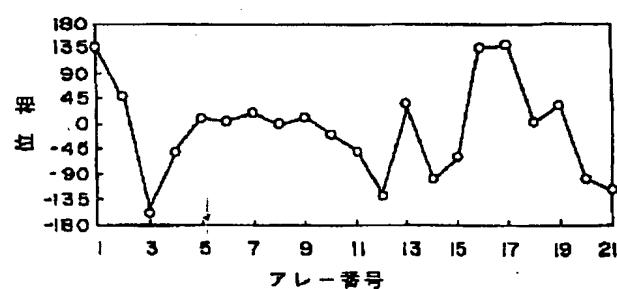
【図6】



【図3】

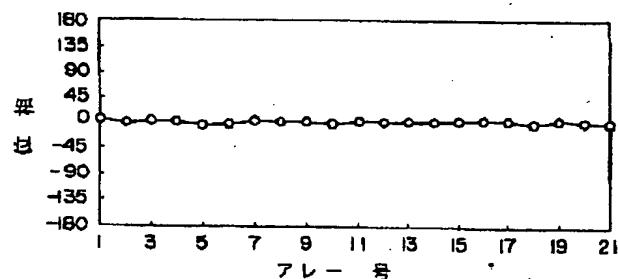


【図5】

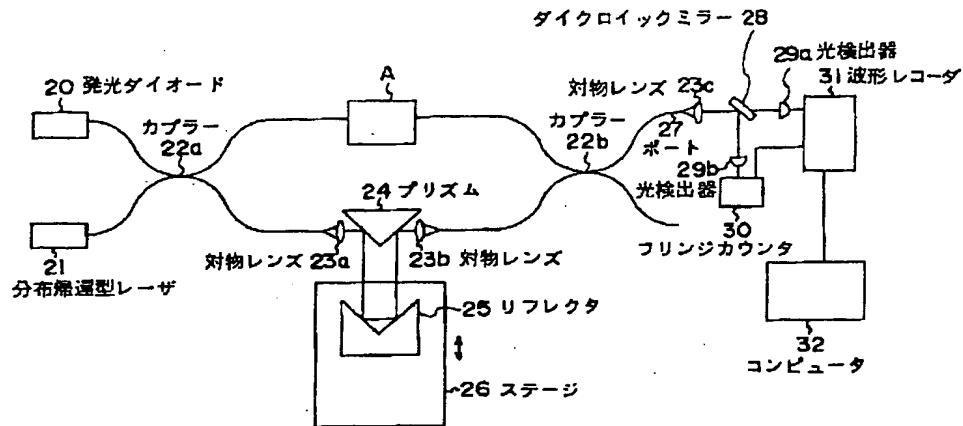


相対光周波数 [GHz]

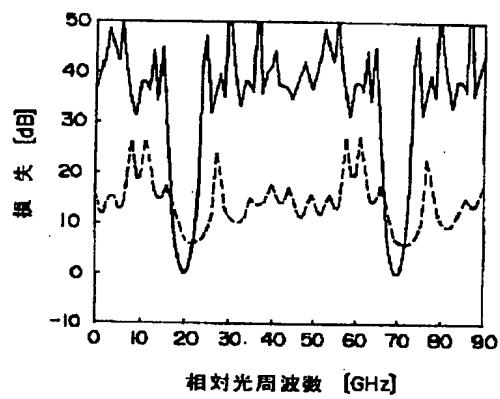
【図7】



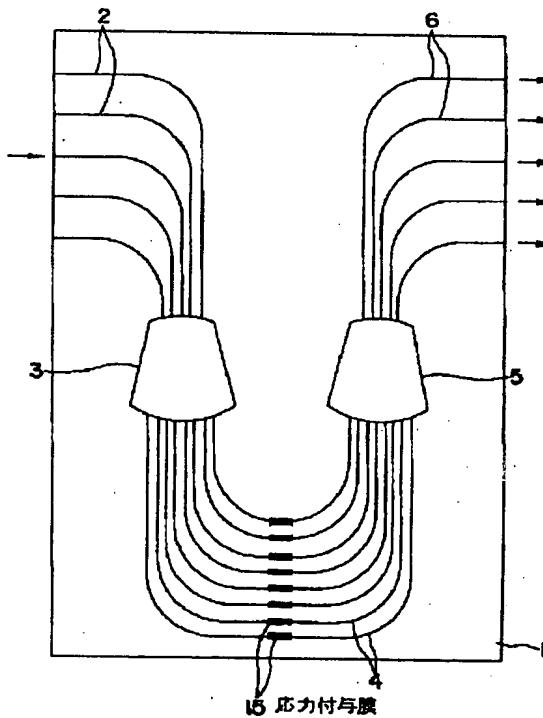
【図4】



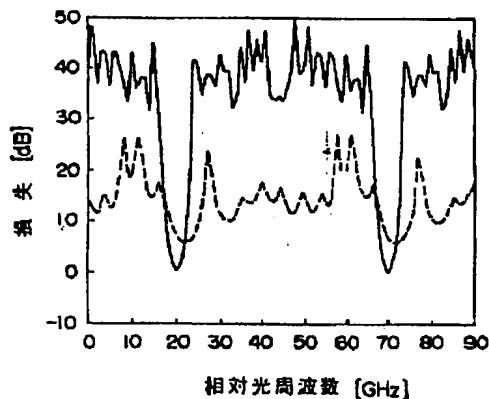
【図8】



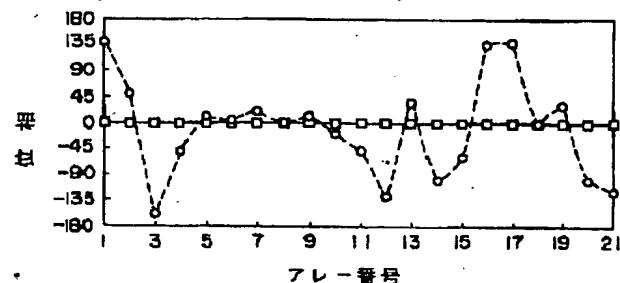
【図9】



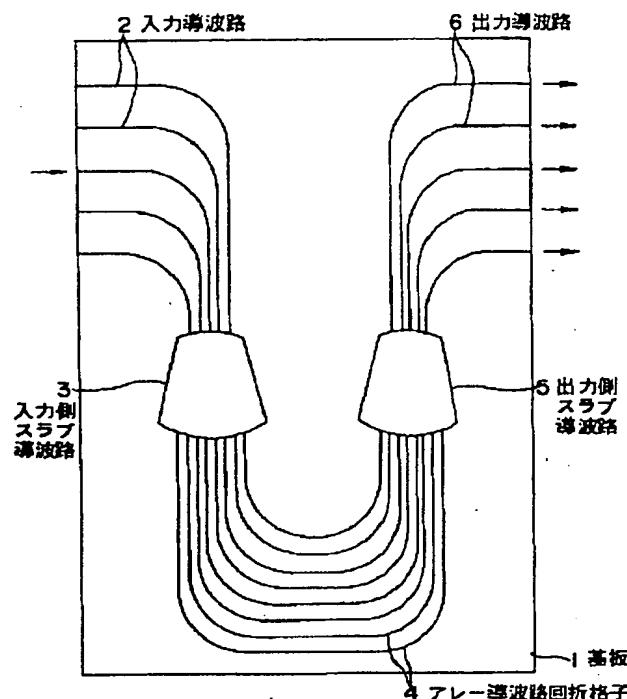
【図10】



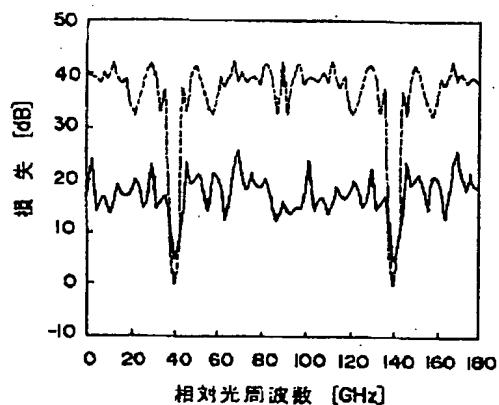
【図11】



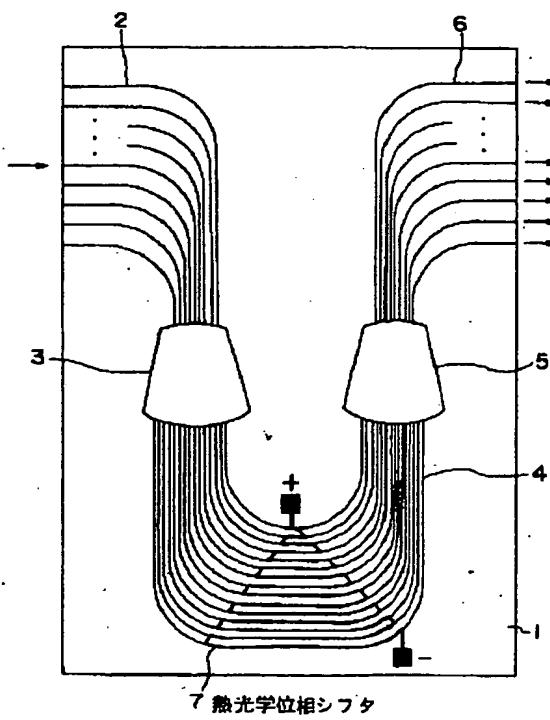
【図12】



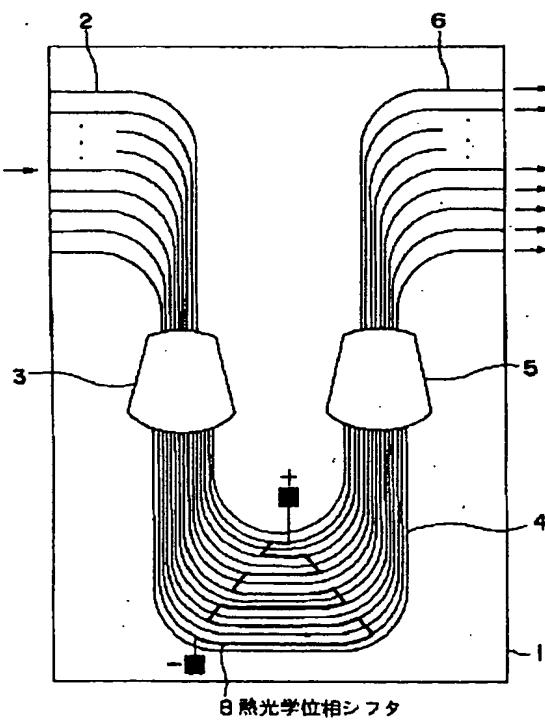
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/28

D

(72)発明者 奥野 将之

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)